

09 / 337, 040
Mitsuo Sugita, et al
filed 6/30/99

CFE 2864 US (4/4)
201343 / 1998

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

1998年 6月30日

出 願 番 号
Application Number:

平成10年特許願第201343号

出 願 人
Applicant (s):

キヤノン株式会社

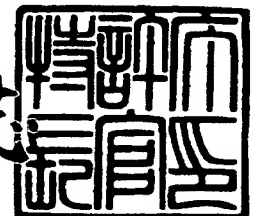


RECEIVED
NOV - 9 1999
TC 1700 MAIL ROOM

1999年 7月12日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

伴佐山 建志



出証番号 出証特平11-3049188

【書類名】 特許願

【整理番号】 3783043

【提出日】 平成10年 6月30日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/30

【発明の名称】 露光方法及び露光装置

【請求項の数】 10

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

【氏名】 杉田 充朗

【特許出願人】

【識別番号】 000001007

【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代表者】 御手洗 富士夫

【代理人】

【識別番号】 100086818

【弁理士】

【氏名又は名称】 高梨 幸雄

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 009623

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9703877

【書類名】 明細書

【発明の名称】 露光方法及び露光装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光源手段からの露光光で照明光学系によって所定形状の照明領域を照明し、該照明領域に設けたマスクのパターンを投影光学系で感光基板に投影する露光方法において、該マスクは光透過部分で構成される複数の基本パターンを繰り返し配置した繰り返しパターンを有し、該繰り返しパターンの隣接する透過部分は互いに略 180 度の光学的な位相差を有しており、該マスクのパターンで照明光学系の照明条件及び投影光学系の瞳面上の光透過条件を変えて該感光基板上を多重露光していることを特徴とする露光方法。

【請求項 2】 前記基本パターンは 1 対の透過パターンから成り、当該 1 対の透過パターンの対応する光透過部分は互いに光学的な位相差が略 180 度であることを特徴とする請求項 1 の露光方法。

【請求項 3】 前記照明条件の 1 つとして、有効光源の小さい略コヒーレント照明を用いることを特徴とする請求項 1 の露光方法。

【請求項 4】 前記投影光学系の瞳面上の光透過条件の 1 つは前記マスク上のパターン解像度の高い方向に長い開口部を有する開口絞りをを用いて透過領域を制限することであることを特徴とする請求項 1 の露光方法。

【請求項 5】 前記開口絞りは、複数の可動な遮光板を有し、該遮光板を前記多重露光の切り替え時に投影光学系内に挿入することを特徴とする請求項 4 の露光方法。

【請求項 6】 複数の照明絞りのうちの 1 つを前記照明光学系の光路中に挿脱可能となるように構成した照明絞り保持手段を利用して、多重露光の切り替え時に前記照明条件を変えていることを特徴とする請求項 1 の露光方法。

【請求項 7】 1 つ以上の開口を持つ遮光板と該遮光板の保持手段を備え、該遮光板を前記多重露光の切り替え時に照明光学系内で回転させる遮光板回転制御手段を用いて前記照明条件を変えていることを特徴とする請求項 1 の露光方法。

【請求項 8】 請求項 1 から 7 のいずれか 1 項の露光方法を用いて感光性の

基板にマスク上のパターンを転写していることを特徴とする露光装置。

【請求項 9】 請求項 1～7 のいずれか 1 項の露光方法を用いてマスク面上のパターンをウエハ面上に露光した後、該ウエハを現像処理工程を介してデバイスを製造していることを特徴とするデバイスの製造方法。

【請求項 10】 請求項 8 の露光装置を用いてマスク面上のパターンをウエハ面上に露光した後、該ウエハを現像処理工程を介してデバイスを製造していることを特徴とするデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、露光方法及び露光装置に関し、特に微細な回路パターンで感光基板上を露光し、例えば IC、LSI 等の半導体チップ、液晶パネル等の表示素子、磁気ヘッド等の検出素子、CCD 等の撮像素子といった各種デバイスの製造に用いられる際に好適なものである。

【0002】

【従来の技術】

従来より、IC、LSI、液晶パネル等のデバイスをフォトリソグラフィー技術を用いて製造するときには、フォトマスク又はレチクル等（以下、「マスク」と記す。）の面上に形成した回路パターンを投影光学系によってフォトレジスト等が塗布されたシリコンウエハ又はガラスプレート等（以下、「ウエハ」と記す。）の感光基板上に投影し、そこに転写する（露光する）投影露光方法及び投影露光装置が使用されている。

【0003】

近年、上記デバイスの高集積化に対応して、ウエハに転写するパターンの微細化、即ち高解像度化とウエハにおける 1 チップの大面积化とが要求されている。従ってウエハに対する微細加工技術の中心を成す上記投影露光方法及び投影露光装置においても、現在、 $0.5/\mu\text{m}$ 以下の寸法（線幅）の像（回路パターン像）を広範囲に形成するべく、解像度の向上と露光面積の拡大が計られている。

【0004】

従来の投影露光装置の模式図を図20に示す。図20中、191は遠紫外線露光用の光源であるエキシマレーザ、192は照明光学系、193は照明光学系192から照射される照明光、194はマスク、195はマスク194から出て光学系（投影光学系）196に入射する物体側露光光、196は縮小型の投影光学系、197は投影光学系196から出て基板198に入射する像側露光光、198は感光基板であるウエハ、199は感光基板を保持する基板ステージを、示す。

【0005】

エキシマレーザ191から出射したレーザ光は、引き回し光学系（190a, 190b）によって照明光学系192に導光され、照明光学系192により所定の光強度分布、配光分布、開き角（開口数NA）等を持つ照明光193となるように調整され、マスク194を照明する。マスク194にはウエハ198上に形成する微細パターンを投影光学系196の投影倍率の逆数倍（例えば2倍や4倍や5倍）した寸法のパターンがクロム等によって石英基板上に形成されており、照明光193はマスク194の微細パターンによって透過回折され、物体側露光光195となる。投影光学系196は、物体側露光光195を、マスク194の微細パターンを上記投影倍率で且つ充分小さな収差でウエハ198上に結像する像側露光光197に変換する。像側露光光197は図20の下部の拡大図に示されるように、所定の開口数NA（ $=\sin(\theta)$ ）でウエハ198上に収束し、ウエハ198上に微細パターンの像を結ぶ。基板ステージ199は、ウエハ198の互いに異なる複数の領域（ショット領域：1個又は複数のチップとなる領域）に順次、微細パターンを形成する場合に、投影光学系の像平面に沿ってステップ移動することによりウエハ198の投影光学系196に対する位置を変えている。

【0006】

現在主流となりつつある上記のエキシマレーザを光源とする投影露光装置は高い投影解像力を有しているが、例えば $0.15\mu\text{m}$ 以下のパターン像を形成することが技術的に困難である。

【0007】

投影光学系196は、露光（に用いる）波長に起因する光学的な解像度と焦点深度との間のトレードオフによる解像度の限界がある。投影露光装置による解像パターンの解像度 R と焦点深度 DOF は、次の（１）式と（２）式の如きレーリーの式によって表される。

【0008】

$$R = k_1 = (\lambda / NA) \quad \dots\dots (1)$$

$$DOF = k_2 = (\lambda / NA^2) \quad \dots\dots (2)$$

ここで、 λ は露光波長、 NA は投影光学系196の明るさを表す像側の開口数、 k_1 、 k_2 はウエハ198の現像プロセス特性等によって決まる定数であり、通常0.5～0.7程度の値である。この（１）式と（２）式から、解像度 R を小さい値とする高解像度化には開口数 NA を大きくする「高 NA 化」がある。しかしながら、実際の露光では投影光学系196の焦点深度 DOF をある程度以上の値にする必要があるため、高 NA 化をある程度以上に進めることが難しいこと、この為、高解像度化には結局、露光波長 λ を小さくする「短波長化」が必要となることと分かる。

【0009】

ところが露光波長の短波長化を進めていくと重大な問題が発生してくる。それは投影光学系196を構成するレンズの硝材がなくなってしまうことである。殆どの硝材の透過率は遠紫外線領域では0に近く、特別な製造方法を用いて露光装置用（露光波長約248nm）に製造された硝材として熔融石英が現存するが、この熔融石英の透過率も波長193nm以下の露光波長に対しては急激に低下する。線幅0.15 μ m以下の微細パターンに対応する露光波長150nm以下の領域では実用的な硝材の開発は非常に困難である。また遠紫外線領域で使用される硝材は、透過率以外にも、耐久性、屈折率均一性、光学的歪み、加工性等の複数条件を満たす必要があり、この事から、実用的な硝材の存在が危ぶまれている。

【0010】

このように従来の投影露光方法及び投影露光装置では、ウエハ上に線幅0.15 μ m以下のパターンを形成する為には150nm程度以下まで露光波長の短波

長化が必要である。これに対し、現在のところ、この波長領域では実用的な硝材が存在しないので、ウエハに線幅0.15 μ m以下のパターンを形成することができなかった。

【0011】

米国特許第5415835号公報は2光束干渉露光によって敏細パターンを形成する技術を開示しており、この2光束干渉露光によれば、ウエハに線幅0.15 μ m以下のパターンを形成することができる。

【0012】

2光束干渉露光の原理を図21を用いて説明する。2光束干渉露光は、レーザ151からの可干渉性を有し且つ平行光線束であるレーザ光L151をハーフミラー152によってレーザ光L151a, L151abの2光束に分割し、分割した2光束を夫々平面ミラー153a, 153bによって反射することにより2個のレーザ光（可干渉性の平行光線束）を0より大きく90度未満のある角度を成してウエハ154面上で交差させることにより交差部分に干渉縞を形成している。この干渉縞（の光強度分布）によってウエハ154を露光して感光させることで干渉縞の光強度分布に応じた微細な周期パターンをウエハ154に形成するものである。

【0013】

2光束L151a, L151bがウエハ154面の立てた垂線に対して互いに逆方向に同じ角度だけ傾いた状態でウエハ面で交差する場合、この2光束干渉露光における解像度Rは次の(3)式で表される。

【0014】

$$\begin{aligned} R &= \lambda / (4 \sin \theta) \\ &= \lambda / 4 NA \\ &= 0.25 (\lambda / NA) \quad \dots\dots (3) \end{aligned}$$

ここで、RはL&S（ライン・アンド・スペース）の夫々の幅、即ち干渉縞の明部と暗部の夫々の幅を示している。又 θ は2光束の夫々の像面に対する入射角度（絶対値）を表し、 $NA = \sin \theta$ である。

【0015】

通常の投影露光における解像度の式である(1)式と2光束干渉露光における解像度の式である(3)式とを比較すると、2光束干渉露光の解像度 R は(1)式において $k_1 = 0.25$ とした場合に相当するから、2光束干渉露光では $k_1 = 0.5 \sim 0.7$ である通常の投影露光の解像度より2倍以上の解像度を得ることが可能である。

【0016】

上記米国特許には開示されていないが、例えば $\lambda = 0.248 \text{ nm}$ (KrFエキシマ) で $NA = 0.6$ の時は、 $R = 0.10 \text{ }\mu\text{m}$ が得られる。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】

2光束干渉露光は、基本的に干渉縞の光強度分(露光量分布)に相当する単純な縞パターンしか得られないので、所望の形状の回路パターンをウエハに形成することが難しい。

【0018】

そこで上記米国特許第5415835号公報は、2光束干渉露光によって単純な縞パターン(周期パターン)即ち2値的な露光量分布をウエハ(のレジスト)に与えた後、露光装置の分解能の範囲内の大きさのある開口が形成されたマスクを用いて通常リソグラフィー(露光)を行なって更に別の2値的な露光量分布をウエハに与えることにより、孤立の線(パターン)を得ることを提案している。

【0019】

しかしながら上記米国特許第5415835号公報の露光方法は、2光束干渉露光と通常露光の2つの露光法の夫々において通常の2値的な露光量分布しか形成していないので、より複雑な形状の回路パターンを得ることが難しい。

【0020】

また、上記米国特許第5415835号公報は2光束干渉露光と通常露光の2つの露光法を組み合わせることは開示しているが、このような組み合わせを達成する露光装置を具体的に示していない。

【0021】

以上のように、2光束干渉露光方式では半導体素子の回路パターンのような任

意のパターンを露光することができないという根本的な問題がある。即ち 2 光束干渉による露光では前述した交わり領域全体に渡る等ピッチのパターンしか実質的に露光できない。これを改良しようとして例えば像面付近に絞りを設定して露光領域を制限し、例えばパターンとして必要となる数本のライン&スペースパターンを方向を変えながら逐次移動しながら十分小さい領域に露光領域を制限しようとして小さい絞りを設けたと同時にそれぞれの光束自体の回折により光り強度分布が変化し、有効な干渉縞を形成することができなくなる。

【0022】

このように 2 光束干渉露光では $0.15 \mu\text{m}$ 以下の解像度は達成できるもののパターンが等ピッチの者に限られ、実素子に必要な種類の回路パターンの露光ができないという問題点があった。

【0023】

この 2 光束干渉露光の解像の原理を応用した技術に図 22 に示すようなレベンソン型の位相シフトマスクがある。この位相シフトマスク 173 では 1:1 の線幅の周期パターン等を持つマスクに、透過率のみでなく位相変化を与える位相シフタ 172 を図 22 に示すように配置して、マスク透過後の光束が 2 つの略平行光束となるようにしている。

【0024】

尚、171 はクロムにより成る遮光部である。又、 P_0 は遮光部 171 のピッチ、 P_{os} は位相シフタ 172 のピッチである。

【0025】

図 23 は図 22 のレベンソン型位相シフトマスク 173 を用いた露光装置の要部概略図である。

【0026】

図 23 中、173 はレベンソン型位相シフトマスク、162 はマスク 173 から出て投影光学系 143 に入射する物体側露光光、163 は投影光学系、164 は開口絞り、165 は投影光学系 163 から出てウエハ 166 に入射する像側露光光、166 は感光儀反であるウエハを示し、167 は絞り 164 の円形開口に相当する瞳面での光束の位置を一对の黒点で示した説明図である。図 23 は 2 光

束干渉露光を行っている状態の模式図であり、物体側露光光 162 と像側露光光 165 は双方とも、2つの平行光線束だけから成っている。

【0027】

この2つの略平行光束は開口絞り面（瞳面）164では最外の2点となり、決像面の前では再び2光束となり、この投影光学系に解像可能な最も微細な周期パターンを再結像する。このレベンソン型の位相シフトマスク173は周期パターン以外でも作成可能であるが、1:1の線幅の周期パターン以外の任意パターンについては効果が薄れ、照明条件によっては逆に形成パターンが悪化することもある。この為、一般の回路パターンに適用して十分な解像度と十分なパターン種類を得ることができなかった。

【0028】

本発明は、2光束干渉装置を別途設けるような特別な露光装置の増設がなく、照明条件、開口絞りの切り替え、小程度の改良を施すことで前述した高解像度が得られる露光方法及び露光装置の提供を目的とする。

【0029】

本発明の更なる目的は、適切に設定した位相型マスクと多重露光を用いた露光方法により、線幅0.15 μ m以下のパターン形成を実現可能とする露光方法及びそれを用いた線幅0.15 μ m以下の実回路パターン露光が可能な露光装置を提供することである。

【0030】

本発明ではレベンソン型位相マスクを1:1 L&S周期パターン以外のパターンに用いることにより（前述したように1:1 L&S周期パターン以外のレベンソンマスクでの露光は効果が薄れるが）、照明光学系の照明条件と投影光学系の開口絞りを制御して多重露光することによって微細なL&S周期パターンをレベンソンマスクで露光した場合と近い解像度で、またその他の任意パターン部分も形状などが悪化させずに露光を行うことのできる露光方法及び露光装置の提供を目的としている。

【0031】

【課題を解決するための手段】

本発明の露光方法は、

(1-1) 光源手段からの露光光で照明光学系によって所定形状の照明領域を照明し、該照明領域に設けたマスクのパターンを投影光学系で感光基板に投影する露光方法において、該マスクは光透過部分で構成される複数の基本パターンを繰り返し配置した繰り返しパターンを有し、該繰り返しパターンの隣接する透過部分は互いに略180度の光学的な位相差を有しており、該マスクのパターンで照明光学系の照明条件及び投影光学系の瞳面上の光透過条件を変えて該感光基板上を多重露光していることを特徴としている。

【0032】

特に、

(1-1-1) 前記基本パターンは1対の透過パターンから成り、当該1対の透過パターンの対応する光透過部分は互いに光学的な位相差が略180度であること

【0033】

(1-1-2) 前記照明条件の1つとして、有効光源の小さい略コヒーレント照明を用いること。

【0034】

(1-1-3) 前記投影光学系の瞳面上の光透過条件の1つは前記マスク上のパターン解像度の高い方向に長い開口部を有する開口絞りをを用いて透過領域を制限することであること。

【0035】

(1-1-4) 前記開口絞りは、複数の可動な遮光板を有し、該遮光板を前記多重露光の切り替え時に投影光学系内に挿入すること。

【0036】

(1-1-5) 複数の照明絞りのうちの1つを前記照明光学系の光路中に挿脱可能となるように構成した照明絞り保持手段を利用して、多重露光の切り替え時に前記照明条件を変えていること。

【0037】

(1-1-6) 1つ以上の開口を持つ遮光板と該遮光板の保持手段を備え、該遮光板

を前記多重露光の切り替え時に照明光学系内で回転させる遮光板回転制御手段を用いて前記照明条件を変えていること。

等の特徴としている。

【0038】

本発明の露光装置は、

(2-1) 構成(1-1)の露光方法を用いて感光性の基板にマスク上のパターンを転写していることを特徴としている。

【0039】

本発明のデバイスの製造方法は、

(3-1) 構成(1-1)の露光方法を用いてマスク面上のパターンをウエハ面上に露光した後、該ウエハを現像処理工程を介してデバイスを製造していることを特徴としている。

【0040】

(3-2) 構成(2-1)の露光装置を用いてマスク面上のパターンをウエハ面上に露光した後、該ウエハを現像処理工程を介してデバイスを製造していることを特徴としている。

【0041】

尚、本発明において「多重露光」とは「感光基板上の同一領域を互いに異なる光パターンで途中に現像処理工程を介さずに露光すること」を言う。

【0042】

【発明の実施の形態】

図1は本発明の露光装置の実施形態1の要部概略図である。図1に示す露光装置はマスク（位相シフト型マスク）14のパターンをウエハに投影する投影光学系18と、部分的コヒーレント照明とコヒーレント照明の双方の照明が可能な照明光学系12とを有し、部分的コヒーレント照明によってラフ露光を行い、コヒーレント照明によって微細線露光を行うことにより、マスク14上の所定のパターンを投影露光している。

【0043】

ここで「部分的コヒーレント照明」とは $\sigma = (\text{照明光学系12の開口数} / \text{投影})$

光学系18の開口数)の値がゼロより大きく1より小さい照明であり、「コヒーレント照明」とは、 σ の値がゼロまたはそれに近い値であり、部分的コヒーレント照明の σ に比べて相当小さい値である。尚、図1の構成の詳細については後述する。

【0044】

本発明の露光方法の原理は、照明条件によるレベンソン型マスクの持つ空間周波数スペクトルの制御と、投影光学系の持つ空間周波数スペクトルの制御を組み合わせることによって略2光束干渉となる空間周波数成分を抽出し、マスクに含まれる通常の露光では解像できない極微細な線パターンを最も好ましい略2光束干渉条件で独立に露光し、これを通常の露光で潜像として重ね、その後積算された潜像をもとに現像を行い、パターン像を得るというものである。

【0045】

そして本発明は、この多重露光により1マスク内に含まれる多様なパターンをそれぞれ露光装置の限界能力を用いて露光可能となり、単純な一露光では制限されている投影露光装置の能力を最大限引き出している。

【0046】

このように本発明によれば、例えばNA0.6のKrFエキシマレーザ露光装置で0.1 μ mのパターンを露光することも可能であり、これは通常限界とされている0.2 μ mパターンの約2倍の解像度となる。さらに、微細線部の均一性、焦点深度の拡大等の効果もある。

【0047】

さらに、本発明は多重露光を行う時のマスクが1枚で良く、マスク自体のコスト及びマスクの交換やそれに伴うアライメントなどのスループットを低下させる作業を省いている。

【0048】

図2は本発明の露光方法のフローチャートである。図2には本発明の露光方法を構成する線幅の比較的大きなパターンの投影露光を行うラフ露光ステップ、線幅の小さなパターンの投影露光を行う微細線露光ステップ、現像ステップとその流れが示してある。

【0049】

ここでラフ露光ステップと微細線露光ステップはこの図の順でなくとも良く、微細線露光ステップが先でも良く、また複数回露光する場合は交互に行うことも可能である。

【0050】

また、各露光ステップ間にはアライメントステップ等を適宜挿入して、像形成精度をあげることも可能であり、本発明はこの図により、そのステップ構成をなんら限定されるものではない。

【0051】

次にこれらのステップにより本発明の効果がいかに実現されるかについてその原理を説明する。図2のフローを用いた場合、まずラフ露光を行い感光基板上に所望のパターンのマスク像を露光する。

【0052】

本発明は、投影光学系で解像できる限界線幅以下の解像度を露光するものである為、マスクに形成された所望のパターンは限界線幅以下のパターンを含んでいる。

【0053】

このようなマスク面上に形成したパターンの一例を図3に示す。図3において33は基本的パターンであり、31、32は光り透過部分（線）である。基本パターン33を繰り返し配列して繰り返しパターンを構成している。

【0054】

このパターンは半導体デバイスのASICに用いられる所謂ゲートパターン（基本パターン）である。

【0055】

図中、31のゲート線はスイッチングを司る主要部分であり、この線幅は極微細化が望まれている。一方、32の配線コンタクト部はある程度の面積が必要であり、ゲート線に比べて大きなパターンとなっている。このようなパターンでは、即ち、微細線とそれに比べて大き目のパターンが混在している。さらに図4に示すように、ゲートパターン同志はできる限り集積化されることがICの機能上

好ましい為、パターン間の隙間 9 も微細線パターンの幅 a と同一となることがある。

【0056】

図 5 は本発明で用いるマスク M についての模式図である。このマスク M はゲートパターン 33 が一對のパターンから成っていることを利用し、この對のパターンの等価する光の位相差がそれぞれ略 π (180 度) となるように作成されている。同図においても透明部分と斜線部分とで 180 度の位相差がある。

【0057】

また、ゲートパターンの上下の列 (紙面上下) でも隣り合うパターン同志の位相差が同様に π となるように作成している。このように作成することにより、隣り合うパターンの境界部で位相差により光が弱まることでパターン像の解像度を向上する効果を得ている。

【0058】

但しラフ露光ステップのみでは、このようなレベンソンマスクを用いてもこのようなゲート線部等の限界線幅以下の微細線は完全には解像されず、また焦点深度などが浅い。尚、ここで略 180 度とは 180 度 \pm 10 度のことである。

【0059】

次に第 2 ステップとして、微細線露光を行う先のラフ露光が行われた後の感光基板上に微細線を露光する。現像は未だ行わない。

【0060】

微細線露光ではマスク M の位置はそのままラフ露光と同一位置とし、照明光学系 12 の照明条件と投影光学系 18 の開口絞りの調整を行った後に露光を行う。

【0061】

図 6 は本発明の露光条件とそれぞれの露光で得られるパターンの模式図である。微細線露光の照明条件としては、照明光学系 12 中に絞り等を設けて図 6 の右側に示すような小 σ 照明 (所謂コヒーレント照明に近い照明) を用い、投影光学系の瞳面に設ける開口絞りとしては図の右の中程に示すような長方形の開口を有するものとした。マスク M は図 5 と同じである。

【0062】

尚、それぞれ図中の x 軸と y 軸は図 3 で示したゲートパターン中に示した x 軸と y 軸に揃えてある。

【0063】

図 7 は図 6 で示す露光を行ったときのパターンの光強度分布の説明図である。そして、図 8 は図 7 と同一の光強度分布を、図 3 に示したゲートパターンのゲート線部（図中 A-A'）に関して示した光強度分布のグラフである。

【0064】

これらの図はネガ露光を行った結果であり、それぞれ左からラフ露光ステップ、微細線露光ステップとその二重露光の積算結果を示した。

【0065】

図 7 より明かのように、ラフ露光では微細線部は解像せず、ぼけ像となっており、光強度はコンタクト部の強度に比べて低いことが分かる。そして微細線露光部はゲート線部をよく解像しており、さらに良い点として、ゲート線方向でもゲート線がある部分に光が集中していることが挙げられる。

【0066】

最終的に多重露光して積算された光強度が右図であり、目的とするパターン像がよく再現されていることがわかる。

【0067】

また、図 8 よりラフ露光ではゲート線を形成できる許容露光量の幅（裕度）が狭いのに対し、二重露光積算では、微細線露光によりコントラストの大きいゲート線パターン部の光強度分布が積算されることによって、許容露光量の幅が約 2 倍に拡大されていることが分かる。

【0068】

以上に示したように、本発明によれば前述のようにマスク及び照明条件と開口絞りなどを調整した多重露光を用いることにより、通常の露光限界よりも解像度の高いパターン像を安定して投影露光することが可能となった。

【0069】

図 9 は本実施例の微細線露光で用いたレベンソンマスク（レベンソン型位相マスク）による露光の効果を示す模式図である。図中、（A）が通常の露光装置の

限界解像の使用状態、(B)が通常の使用状態で限界解像の2倍ピッチのパターンを露光しようと試みた場合、(C)が本実施例のレベンソンマスクで2倍ピッチのパターンを露光する様子を示す模式図である。

【0070】

171はクロムによる遮光部、P1、P2は周期パターンのピッチである。

【0071】

以下にそれぞれの場合について説明する。図9(A)ではマスクM上の線のピッチP1に対応する1次回折光(角度 θ)が投影光学系の物体側NA内にちょうど入る状態となっている。即ち、投影光学系を通過して結像に寄与する光は0次光と±1次光の3光束である。

【0072】

図9(B)ではマスクM上の線パターンのピッチP2をピッチP1の2倍としたもので、この場合、マスクで回折された1次回折光の角度 θ_2 は図9(A)の場合の角度 θ_1 に比べて2倍となる。

【0073】

よって、投影光学系の物体側NA内に入るのは0次光のみとなり、即ち投影光学系を透過して結像に寄与する光は0次光だけで、この場合は線パターンの像は解像されない。

【0074】

図9(C)では図9(B)と同じく図9(A)の2倍のピッチP2のパターンを用いるが、マスクMをレベンソンマスクとした。この場合、図に示すように0, ±1次光がそれぞれ斜めにシフトし、その結果0次光と+1次光(または0次光と-1次光)が投影光学系の物体側NA内に入り、即ち投影光学系を透過して結像に寄与する。

【0075】

そしてこれは2光束干渉となっている。この場合0次光と+1次光の結像面での角度(NA)は通常照明の場合の3光束干渉での角度(NA)の2倍であり、そのため解像度は2倍である。

【0076】

以上の説明は 1 次元的な見方であり、もしマスクが微細線露光専用 1 次元周期パターンであれば上記のレベンソンマスクのみで微細線を露光することが可能となるが、2 次元の微細線以外のパターンを含む場合には、マスク上のパターンも 2 次元で、開口絞りも 2 次元開口を持っているために、回折光は開口絞り面で 2 次元的に分布し、例えレベンソンマスクを用いても 2 次元的な種々の角度 (NA) の混じった結像となって、前出した 2 光束干渉の解像度 2 倍という利点を得られない。このことから、本発明の、パターン中に含まれる微細線パターンを解像度 2 倍で露光するという目的に対して、以上の構成では目的を完全に達成できないことがわかる。

【0077】

そこで本実施形態では、前述したように、投影光学系の開口絞り面に長方形の開口を有する開口絞りを配置することによって、2 次元的な種々の角度が混ざった光束を微細線解像のために 1 次元に制限し、そして微細線に対応した 1 次元的な略 2 光束結像を実現し、目的を達成している。

【0078】

次に図 1 に示した本発明の露光装置の一形態の模式図について説明する。

【0079】

図中、11 は露光光源であり、KrF 又は ArF エキシマレーザーから成っている。12 は照明光学系、13 は照明モードの模式図であり、照明光学系 12 から射出される光束の状態を示している。14 はマスクであり、例えば図 5 に示すように基本パターン 33 の繰り返しから成り、隣接する透過領域との光学的な位相差が 180 度のパターンを有している。15 は照明光学系 12 の絞り交換手段、16 は交換用の各種の絞りであり、絞りを交換して有効光源の形状を変えている。17 はレチクルステージでありマスク 14 を保持している。18 は投影光学系、19 は開口絞りであり、投影光学系 18 の瞳面に設けている。20 は開口絞り交換手段であり、開口絞り 85、86 を交換可能にしている。21 はウエハ (感光基板) 22 はウエハステージである。

【0080】

この露光装置では、マスク 14 に形成されているパターンの線幅が比較的大き

いラフパターンを投影露光するラフ露光を行う場合には図中有効光源 64 として示したように、通常の照明、即ち部分コヒーレント照明で有効光源 σ が比較的大きいもの (σ 0.6 から 0.8 程度) を用いる。そして投影光学系 18 に用いる開口絞り 19 についても特別な形状は用いず、絞り 86 等の投影光学系の略最大 NA での露光を行う。輪帯照明等も適宜用いることができるのはいうまでもない。

【0081】

次にこの露光装置では、マスク 14 に形成されたパターンの線幅が小さい微細線パターンを投影露光する。微細線露光を行う場合には、図中有効光源 63 として示したように、小 σ 照明 (所謂コヒーレント照明に近い照明) を用いる。そして投影露光学系 18 に用いる開口絞りについてはゲート線に垂直方向、即ち高解像度方向に長手を持つ長方形の開口絞り 85 を用いる。

【0082】

ラフ露光と微細線露光の切り替えについては、照明光学系 12 に関しては絞り交換手段 15 により絞り 16 を交換し、投影光学系 18 中の開口絞り 19 に関しては開口絞り交換手段 20 により開口絞り 19 を交換して行う。

【0083】

ここで、照明光学系 12 の絞り交換手段 15 としては、図 10 に示すようにラフ露光用絞り 64 と微細線露光用絞り 63 の 2 つの絞り (絞りフィルタ) を 1 つの保持具 61 に固定しておき、保持具 61 を光軸と直交する面に平行にスライドさせて各絞りが適宜照明光学系 12 内の絞り位置 62 に配置するように交換するものや、図 7 に示すように複数の絞り 73 ~ 77 を円盤上の保持具 71 に固定して、回転させて、同様に照明光学系 12 内の絞り位置 72 に配置させるもの等を適宜用いることが可能である。

【0084】

また、開口絞り交換手段 20 については、図 12 に示すように微細線露光時に投影光学系 18 内の所定位置に開口絞り 85 を光軸と直交する面に平行にスライドすることによって、挿入して配置している。一方、ラフ露光時には同様に開口絞り 85 をスライドさせて退避させ開口絞り 86 を挿入する装置や、図 13 に示

すように露光装置の所定位置に対して外側より2枚の遮光板94、95を同時に所定位置まで平行にスライドさせて挿入して配置し、中心部に長方形の開口を構成する装置等を適宜用いることができる。

【0085】

さらに、ラフパターンや微細パターンに合わせる等の用途で長方形等の非対称開口の方位を変更するために、遮光板と挿入退避手段を回転可能にしたもの、また、多数の方位の異なる遮光板と挿入退避手段を備えたものが適用できる。また、図14に示すような長方形開口の開口絞り101を挿入後に回転させる機構等を用いることもできる。

【0086】

次に、本発明の実施形態の他の構成について説明する。

【0087】

本実施形態は図3に示すようなパターンの集積化をさらに進めた際に、ゲート線方向（図中y方向）のパターン同士の分離が限界となる場合に適した露光方法である。

【0088】

本実施例では図15に示すようにラフ露光、微細線露光1、2の3重露光を行う。微細線露光としては図中央の微細線露光1（図6の微細線露光と同じ）に加えて開口絞り85の開口方向が90度異なった開口絞りを用いて微細線露光2を行うことで、基本ゲートパターン同志の分離境界を強調する効果が得られる。

【0089】

微細線露光2は図中に示したように、小σ照明と開口絞りによる空間周波数調整を行う点では微細線露光1と同様であるが、開口絞りの長方形開口の方向を90度回転させて配置してある。これによって、集積化されたことによって解像度が必要となったy方向（紙面上下）の解像度を高め、これを重ねて露光することにより、ゲート線方向の基本パターン同志の分離を容易にしている。

【0090】

本発明は以上説明した実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲においてシーケンスの流れ等も種々に変更することが可能である。

【0091】

特に、照明光学系の照明条件や投影光学系の開口絞り形状は目的とするパターンに合わせて適宜選択して多重露光することができる。微細線露光として輪帯照明、4重極照明、楕円上開口絞りや4重極開口絞り等様々に変化させて用いることもできる。図16は開口絞りのバリエーションの例である。

【0092】

また、基本ゲートパターン同志の分離性を高めたり、線幅、形状等を補正するためにマスク上のゲートパターンの形状を適宜目的とするパターンから部分的に変更することが可能である。図17は本発明に係るゲートパターン同志の分離を目的としたマスクの説明図である。

【0093】

同図において斜線で示した開口部は他の開口部に対して透過光に180度(π)の位相差を与えている。

【0094】

図24は本発明の露光装置における具体的な光学系の一実施形態の説明図である。

【0095】

本実施形態ではサブミクロンやクォーターミクロン以下のリソグラフィー用のステップアンドリピート方式またはステップアンドスキャン方式の露光装置に適用した場合を示している。

【0096】

図中、レーザ光源201からのレーザ光はビーム整形ユニット205でビーム径を拡大してオプティカルインテグレータ206の入射面206aに入射させている。オプティカルインテグレータ206は断面が4角形状や円柱状の複数の微小レンズ(ハエの目レンズ)6-i($i=1\sim N$)を2次元的に所定のピッチで配列して構成しており、その射出面206b近傍に2次光源像を形成している。

【0097】

光量制御手段217はオプティカルインテグレータ206の入射面206a近傍に配置しており、光学系205(照明系)の光軸Laに垂直な平面(XY平面

）及び光軸 L_a 方向、そして光軸 L_a に対して所定角度方向に移動可能となっている。

【0098】

光量制御手段 217 はオプティカルインテグレータ 206 の複数の微小レンズのうちの少なくとも 1 つの微小レンズを透過する光量を ND フィルターや遮光部材からなる光量調整部により制御している。218 は駆動機構であり、後述するマスキングブレード 210 又はレチクル（マスク）212 又はウエハ 215 面上の照度を測定する照度分布測定手段（不図示）からの信号に基づいて光量制御手段 217 を光軸上に垂直な平面、光軸方向、そして光軸に対して所定角度方向に移動させて被照射面（マスキングブレード）210 上の照度分布を調整している。

【0099】

217 は絞りであり、図 1 の交換絞り 16 に相当しており、2 次光源の形状を決定している。絞り 217 は照明条件に応じて絞り交換機構（アクチュエータ）216 によって種々の絞り 7a, 7b が光路中に位置するように切り替え可能となっている。絞り 207 としては、例えば通常の円形開口の絞りや、投影レンズ 213 の瞳面 214 上の光強度分布を変化させる輪帯照明用絞りや、4 重極照明用絞り、小 σ 値照明用絞り等を有し、これらのうちの 1 つを選択して光路中に配置している。

【0100】

本実施形態では種々の絞り 207 を用いることにより、集光レンズ 208 に入射する光束を種々と変えて投影光学系 213 の瞳面 214 上の光強度分布を適切に制御している。集光レンズ 208 はオプティカルインテグレータ 206 の射出面 206b 近傍の複数の 2 次光源から射出し、絞り 207 を透過した複数の光束を集光し、ミラー 209 で反射させて被照射面としてのマスキングブレード 210 面を重畳させて、その面上を均一に照射している。マスキングブレード 210 は複数の可動の遮光板より成り、任意の開口形状が形成されるようにしている。

【0101】

211 は結像レンズであり、マスキングブレード 210 の開口形状を被照射面

としてのレチクル（マスク）212面に転写し、レチクル212面上の必要な領域を均一に照明している。

【0102】

213は投影光学系（投影レンズ）であり、レチクル217面上の回路パターンをウエハチャックに載置したウエハ（基板）215面上に縮小投影している。214は投影光学系213の瞳面である。この瞳面214に図1で示した種々の開口絞り19を挿脱可能に配置している。

【0103】

本実施形態における光学系では、発光部201aと第2焦点204とオブティカルインテグレータ206の入射面206aとマスキングブレード210とレチクル212とウエハ215が互いに共役関係となっている。又、絞り207aと投影光学系213の瞳面214とが略共役関係となっている。

【0104】

本実施形態では以上のような構成により、レチクル212面上のパターンをウエハ215面上に縮小投影露光している。そして所定の現像処理過程を経て、デバイス（半導体素子）を製造している。

【0105】

本実施形態では、前述したように対象とするレチクル212面上のパターン形状に応じて開口形状の異なった絞りを選択して用いて、投影光学系213の瞳面214上に形成される光強度分布を種々と変えている。

【0106】

尚、本発明において

（a）照明光学系の照明方法としては、KrFエキシマレーザー、ArFエキシマレーザー又はF2エキシマレーザーから光でマスクパターンを照明することが適用可能である。

【0107】

（b）露光装置においては屈折系、反射－屈折系、又は反射系のいずれかより成る投影光学系によって前記マスクパターンを投影することが適用可能である。

【0108】

(c) 露光装置としては本発明の露光方法を露光モードとして有するステップアンドリピート型縮小投影露光装置や本発明の露光方法を露光モードとして有するステップアンドスキャン型縮小投影露光装置等が適用可能である。

【0109】

次に上記説明した投影露光装置を利用した半導体デバイスの製造方法の実施形態を説明する。

【0110】

図18は半導体デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、或いは液晶パネルやCCD等）の製造のフローを示す。

【0111】

ステップ1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行なう。ステップ2（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。

【0112】

一方、ステップ3（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、前記用意したマスクとウエハを用いてリソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。

【0113】

次のステップ5（組立）は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。

【0114】

ステップ6（検査）ではステップ5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

【0115】

図19は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ11（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。

【0116】

ステップ13（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では前記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。

【0117】

ステップ17（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ18（エッチング）では現像したレジスト以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）ではエッチングがすんで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返して行なうことによってウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0118】

本実施形態の製造方法を用いれば、従来は製造が難しかった高集積度の半導体デバイスを容易に製造することができる。

【0119】

【発明の効果】

本発明によれば以上のように、

(7-1) 2光束干渉装置を別途設けるような特別な露光装置の増設がなく、照明条件、開口絞りの切り替え、小程度の改良を施すことで前述した高解像度が得られる露光方法及び露光装置を達成することができる。

【0120】

(7-2) 多重露光を用いた露光方法により、線幅 $0.15\mu\text{m}$ 以下のパターン形成を実現可能とする露光方法及びそれを用いた線幅 $0.15\mu\text{m}$ 以下の実回路パターン露光が可能な露光装置を達成することができる。

【0121】

(7-3) レベンソン型位相マスクを1:1 L&S周期パターン以外のパターンに用いることにより（前述したように1:1 L&S周期パターン以外のレベンソンマスクでの露光は効果が薄れるが）、照明光学系の照明条件と投影光学系の開口絞りを制御して多重露光することによって微細なL&Sパターンをレベンソンマスクで露光した場合と近い解像度で、またその他の任意パターン部分も形状などが悪化させずに露光を行うことのできる露光方法及び露光装置を達成することができる。

できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の露光装置の一例を示す図

【図 2】

本発明の露光方法のフローの一例を示す図

【図 3】

ゲートパターン形状を示す模式図

【図 4】

集積化されたゲートチャート形状を示す模式図

【図 5】

本発明に係るレベンソンマスクの一例を示す模式図

【図 6】

本発明の実施形態 1 の露光条件と像強度を示す模式図

【図 7】

本発明の実施形態 1 のパターン像の光強度分布を示す模式図

【図 8】

本発明の実施形態 1 の微細線部分強度分布と露光裕度を示す模式図

【図 9】

レベンソンマスクの効果を説明する模式図

【図 10】

本発明に係る照明条件制御手段の他の一例を示す模式図

【図 11】

本発明に係る照明条件制御手段の他の一例を示す模式図

【図 12】

投影光学系の開口絞り制御手段の一例を示す模式図

【図 13】

投影光学系の開口絞り制御手段の他の一例を示す模式図

【図 14】

投影光学系の開口絞りの回転手段の一例を示す模式図

【図 15】

本発明の実施形態 3 の露光条件と像強度を示す模式図

【図 16】

本発明の他の実施形態を示す模式図

【図 17】

本発明のマスキの他の一例を示す模式図

【図 18】

本発明のデバイスの製造方法のフローチャート

【図 19】

本発明のデバイスの製造方法のフローチャート

【図 20】

従来の投影露光装置を示す概略図

【図 21】

従来の 2 光束干渉露光装置の一例を示す概略図

【図 22】

レベンソン型位相シフトマスクの説明図

【図 23】

従来の 2 光束干渉用露光装置の一例を示す概略図

【図 24】

本発明の露光装置の光学系の説明図

【符号の説明】

11 エキシマレーザー

12 照明光学系

14 マスキ（レチクル）

M, 17 マスキ（レチクル）ステージ

15 マスキ（レチクル）チェンジャ

18 投影光学系

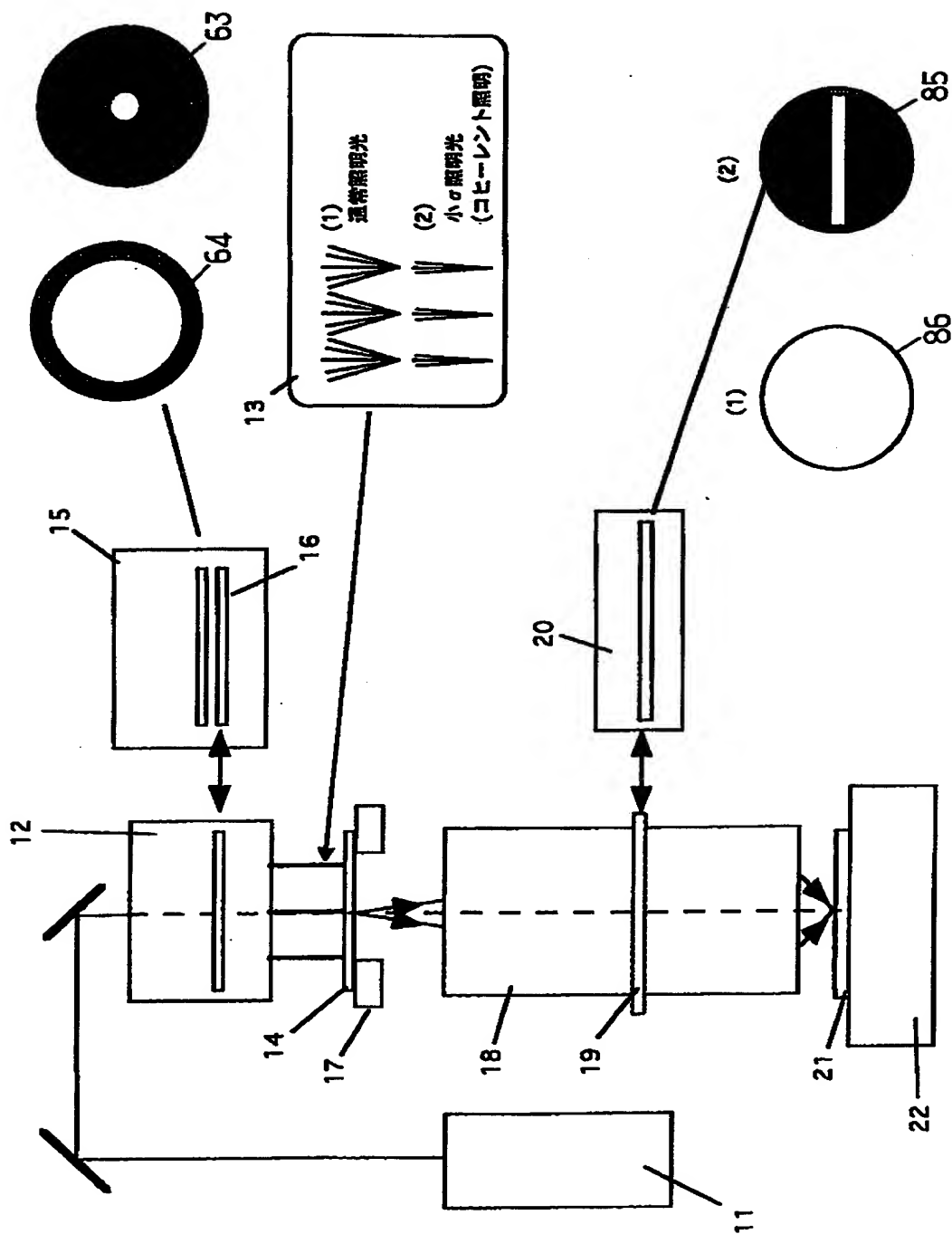
21 ウエハ

- 22 XYZステージ
- 16, 63, 64 照明用絞り
- 19, 85, 86 開口絞り
- 173 位相シフト型マスク
- 94, 95 遮光部
- 33 基本パターン
- 171 クロム(遮光部)
- 172 位相シフト
- 173 レベンソン型位相シフトマスク

【書類名】

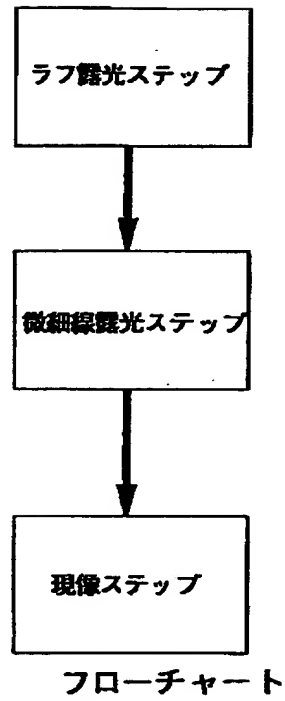
図面

【図 1】

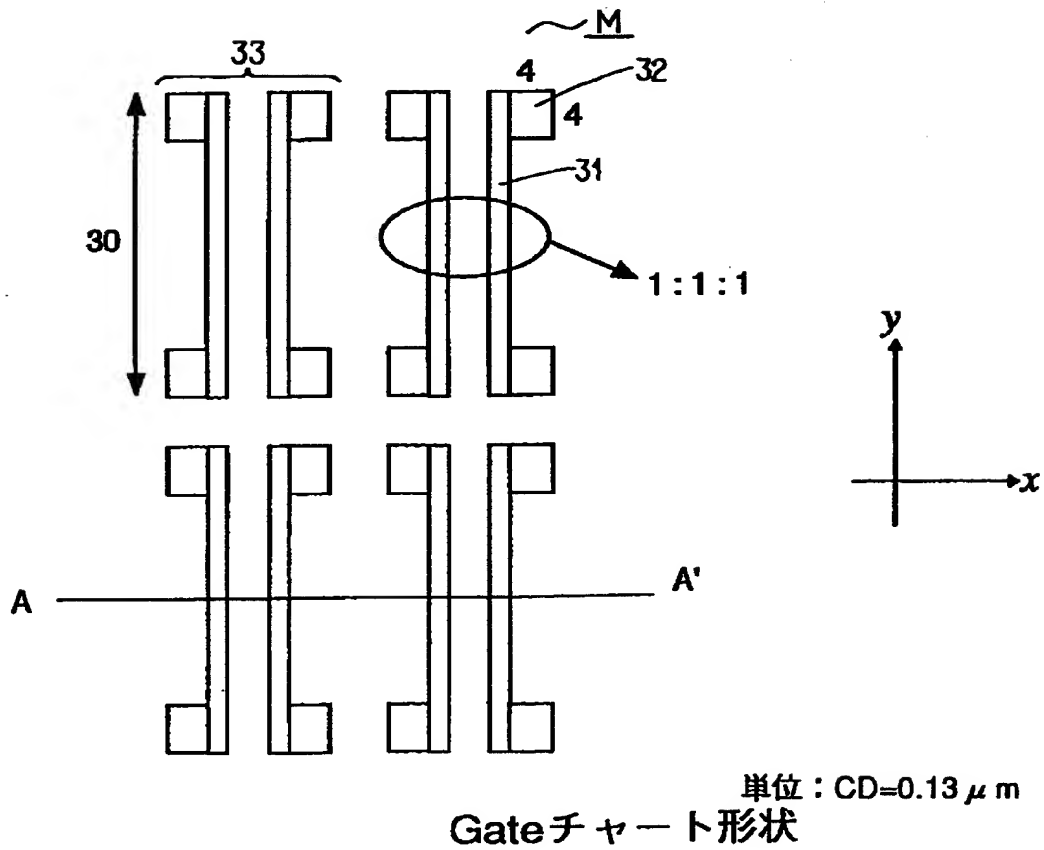


本発明の露光装置の構成の一例

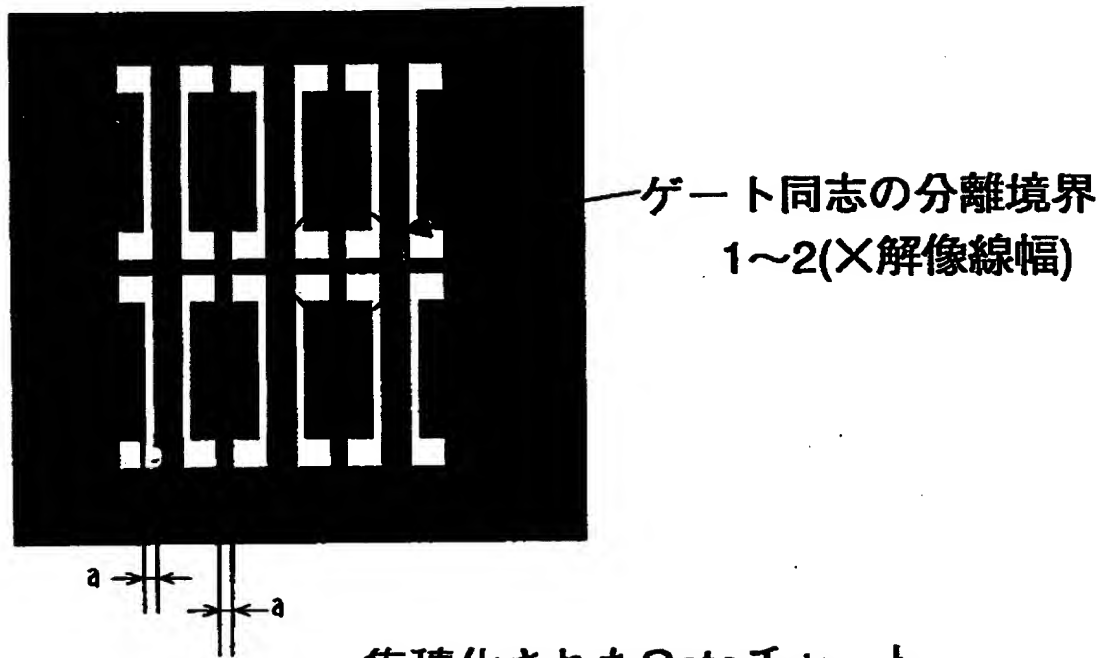
【図 2】



【図 3】

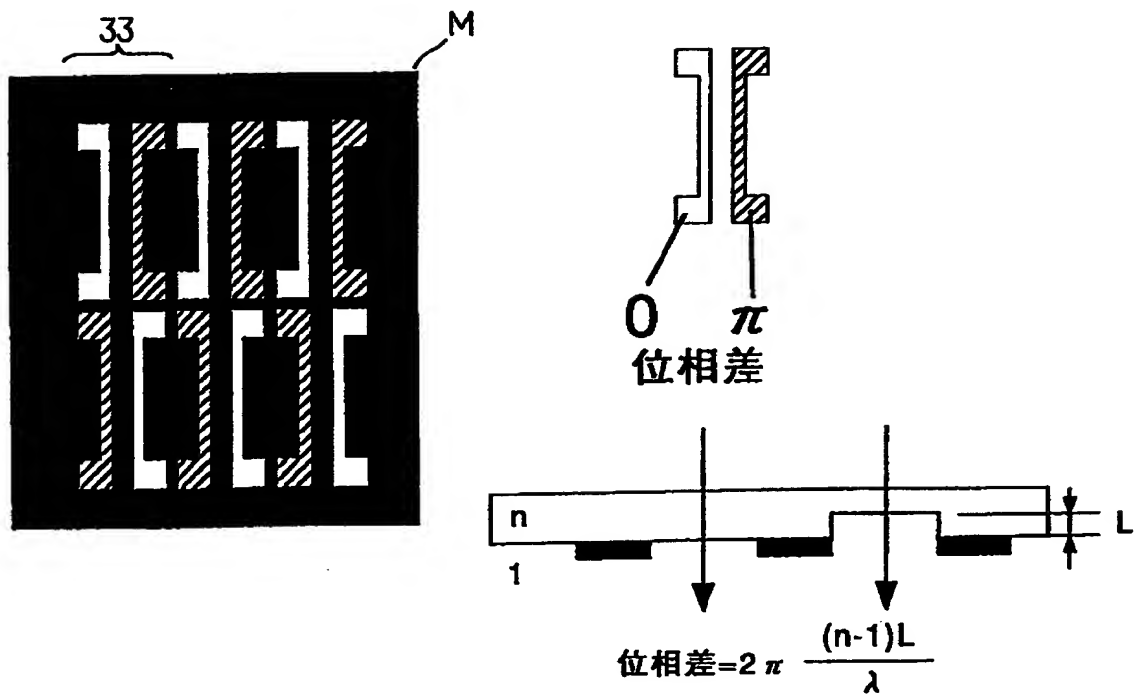


【図 4】



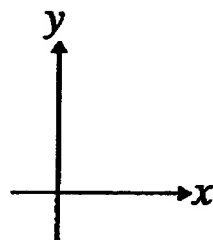
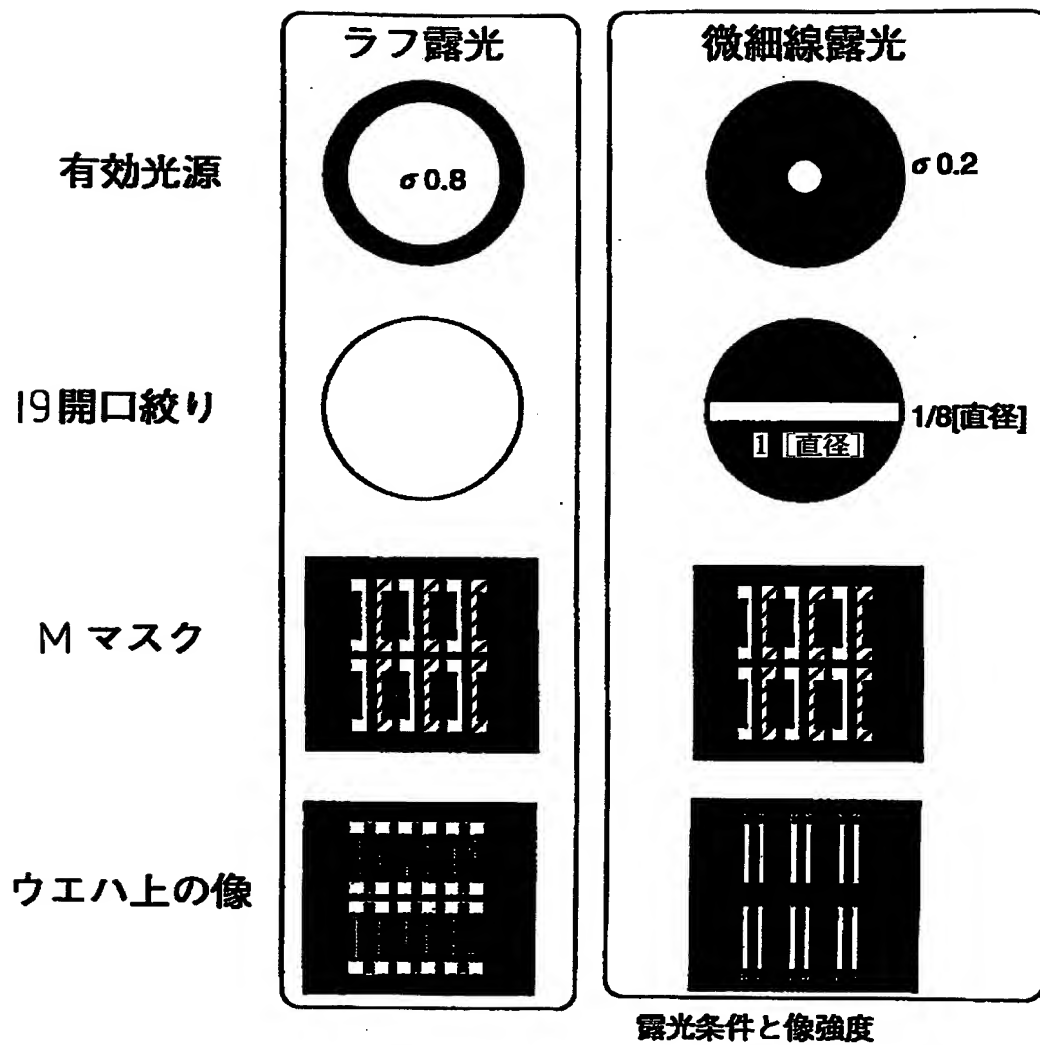
集積化されたGateチャート

【図 5】

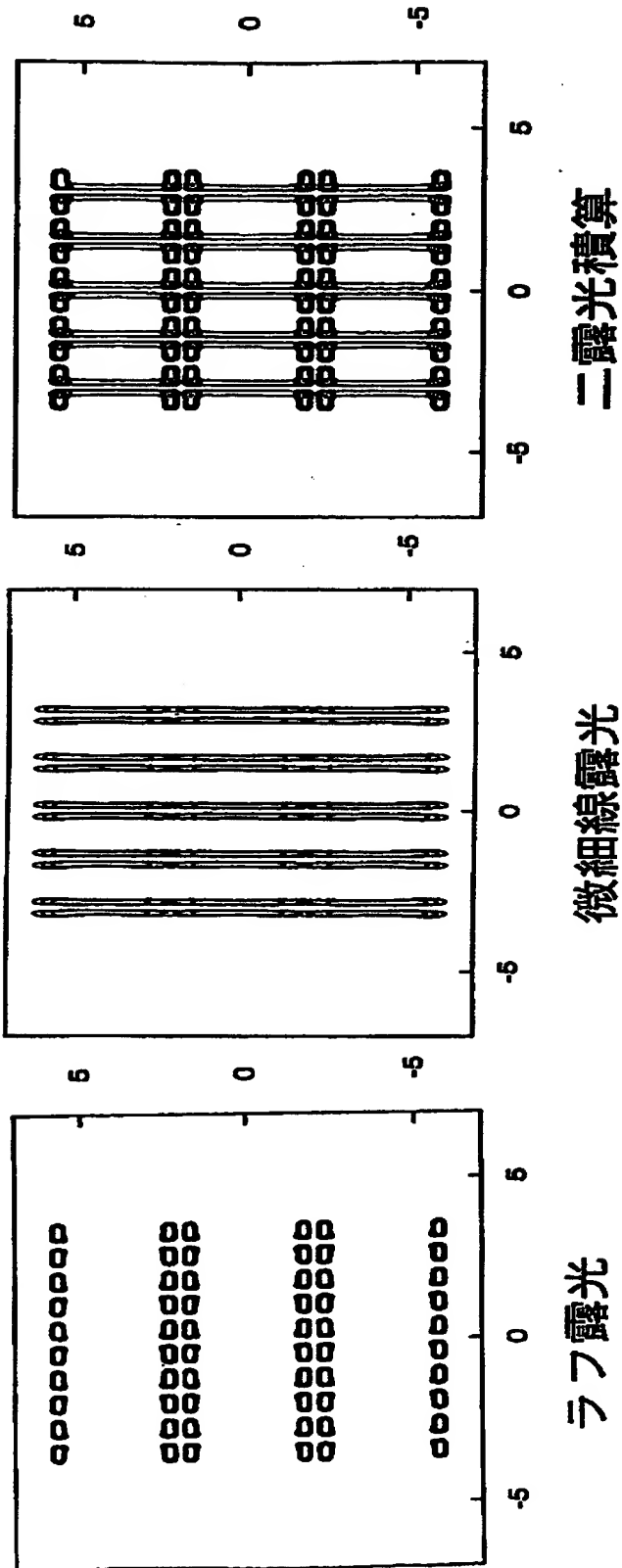


本発明のレベンソンマスクの一例

【図6】

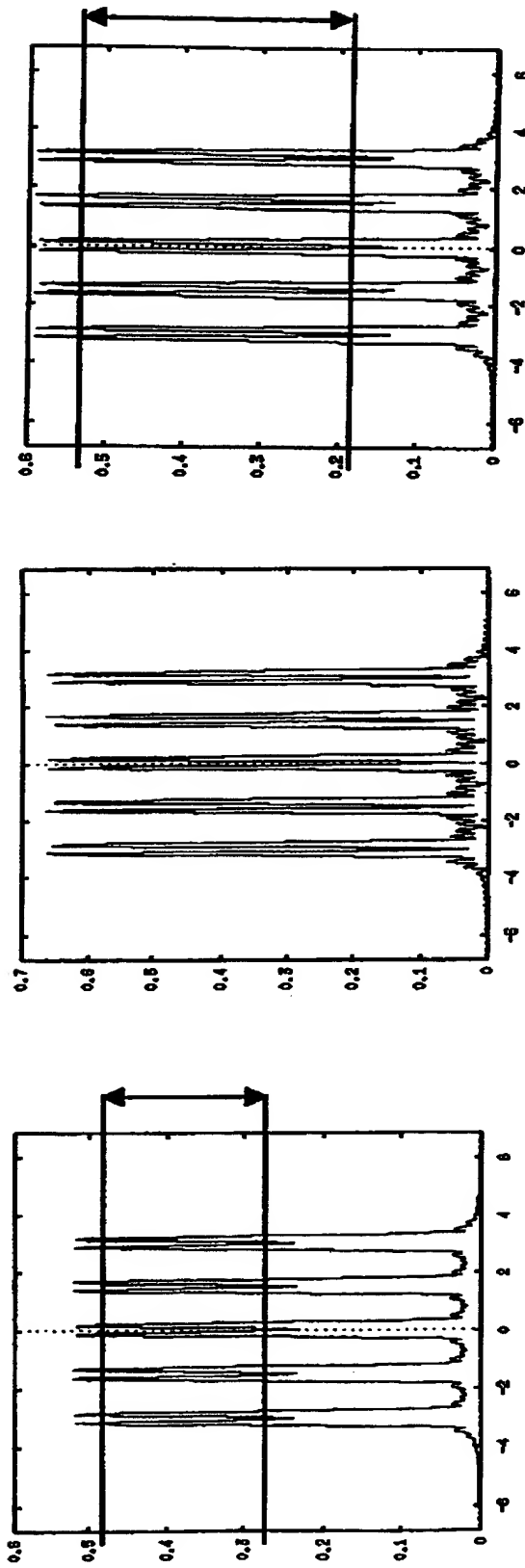


【図 7】



光強度分布
縦横軸は位置(μm)
等高線は光強度(任意単位)

【図 8】



ラフ露光

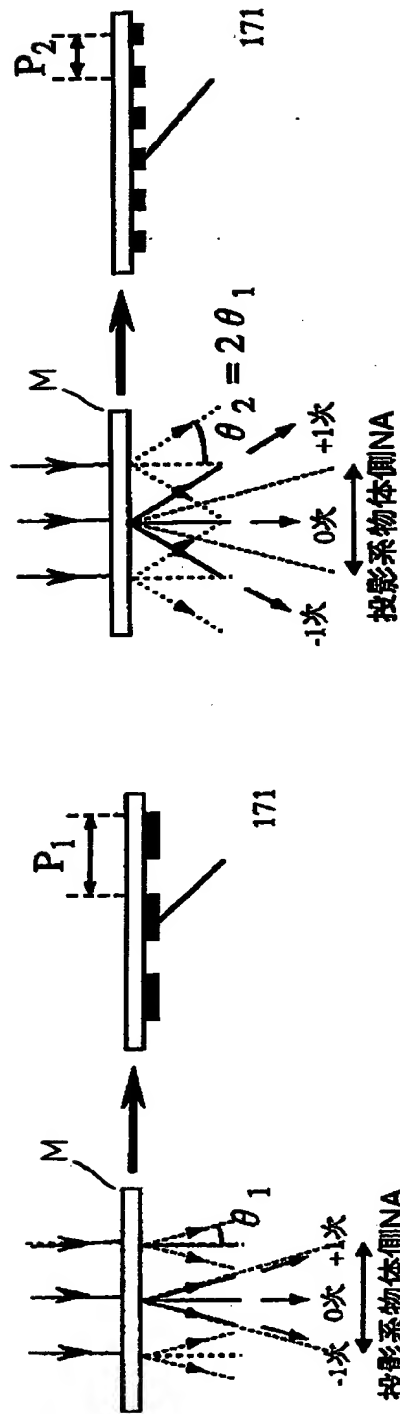
微細線露光

二露光積算

縦軸は光強度(任意単位)
横軸はA-A'方向の位置(μm)

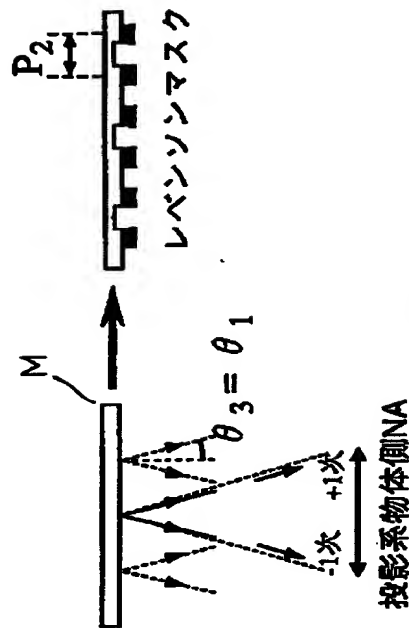
微細線部光強度分布と露光裕度

【図9】



(A)

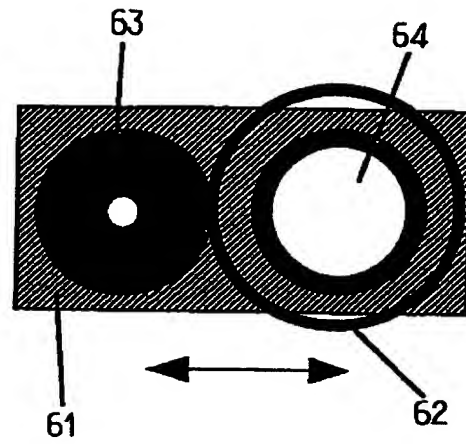
(B)



(C)

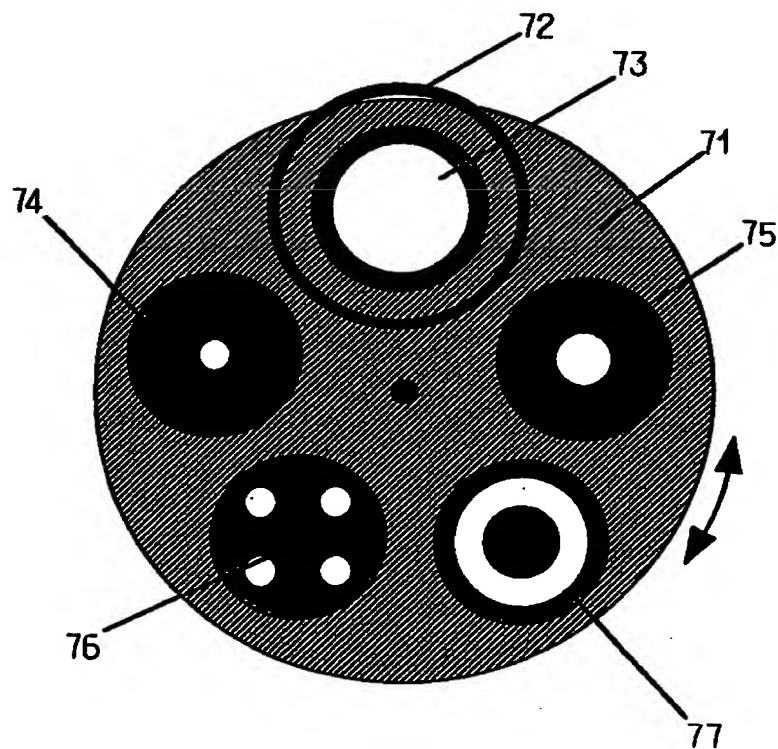
レベンスンマスクの効果

【図 10】



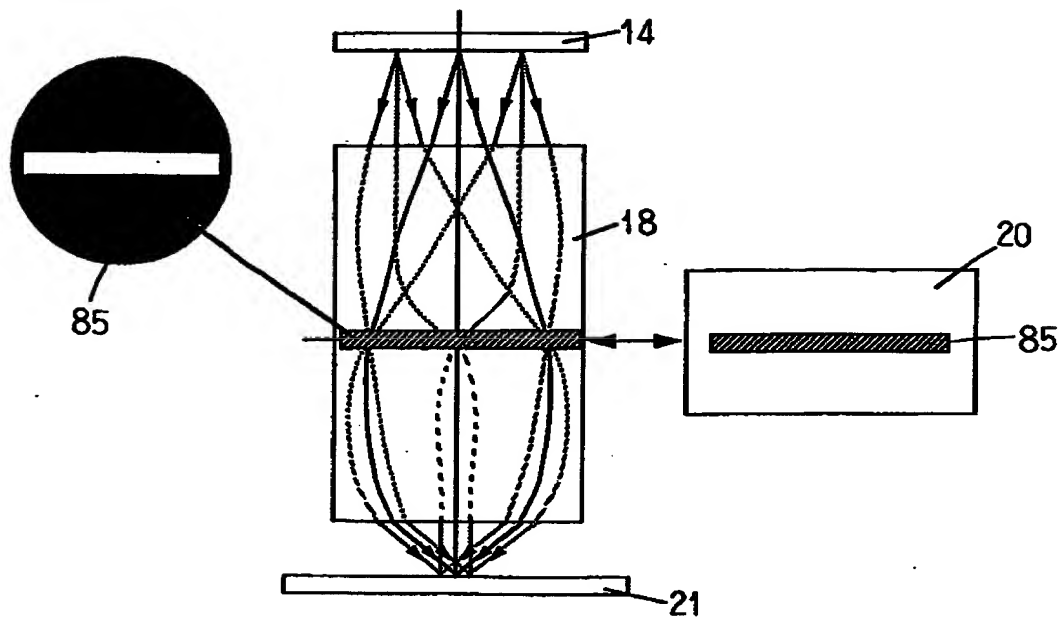
照明条件制御手段の一例

【図 11】



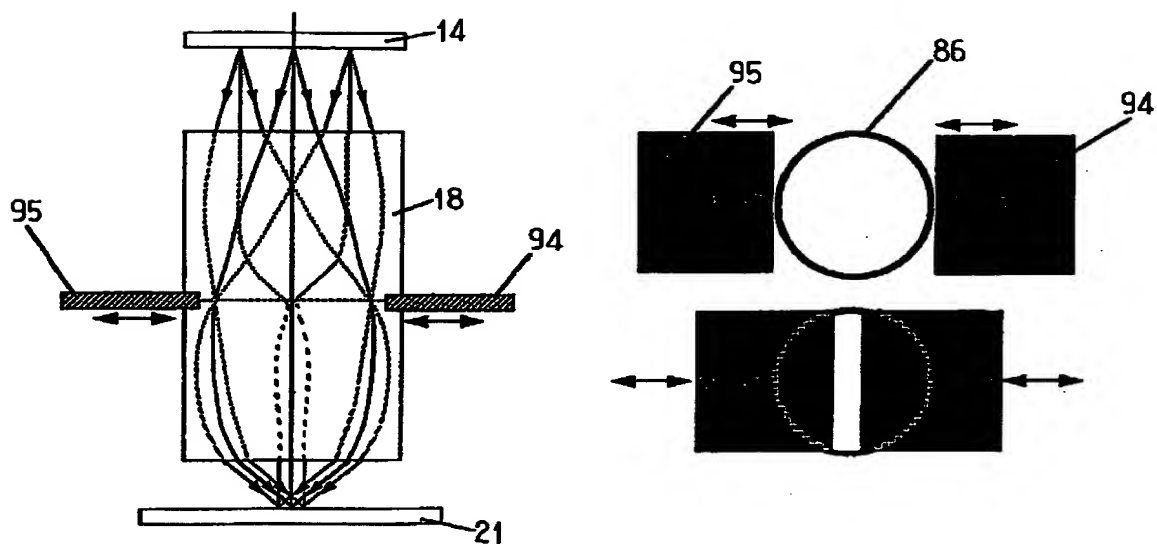
照明条件制御手段の一例

【図 12】



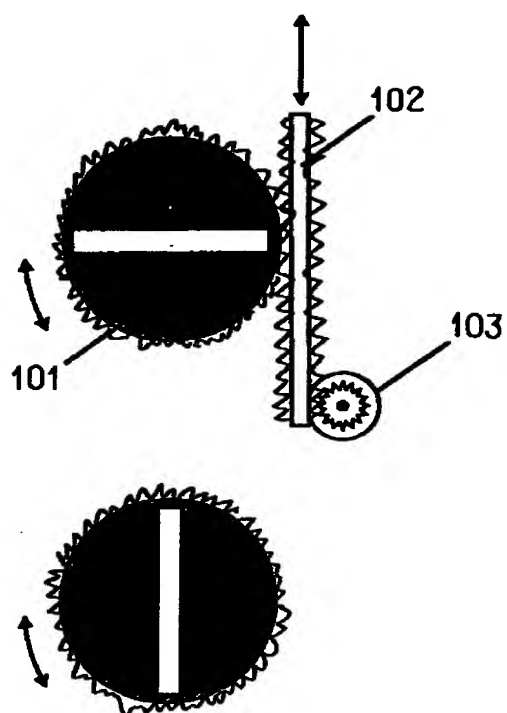
投影光学系の開口絞り制御手段の一例

【図 13】



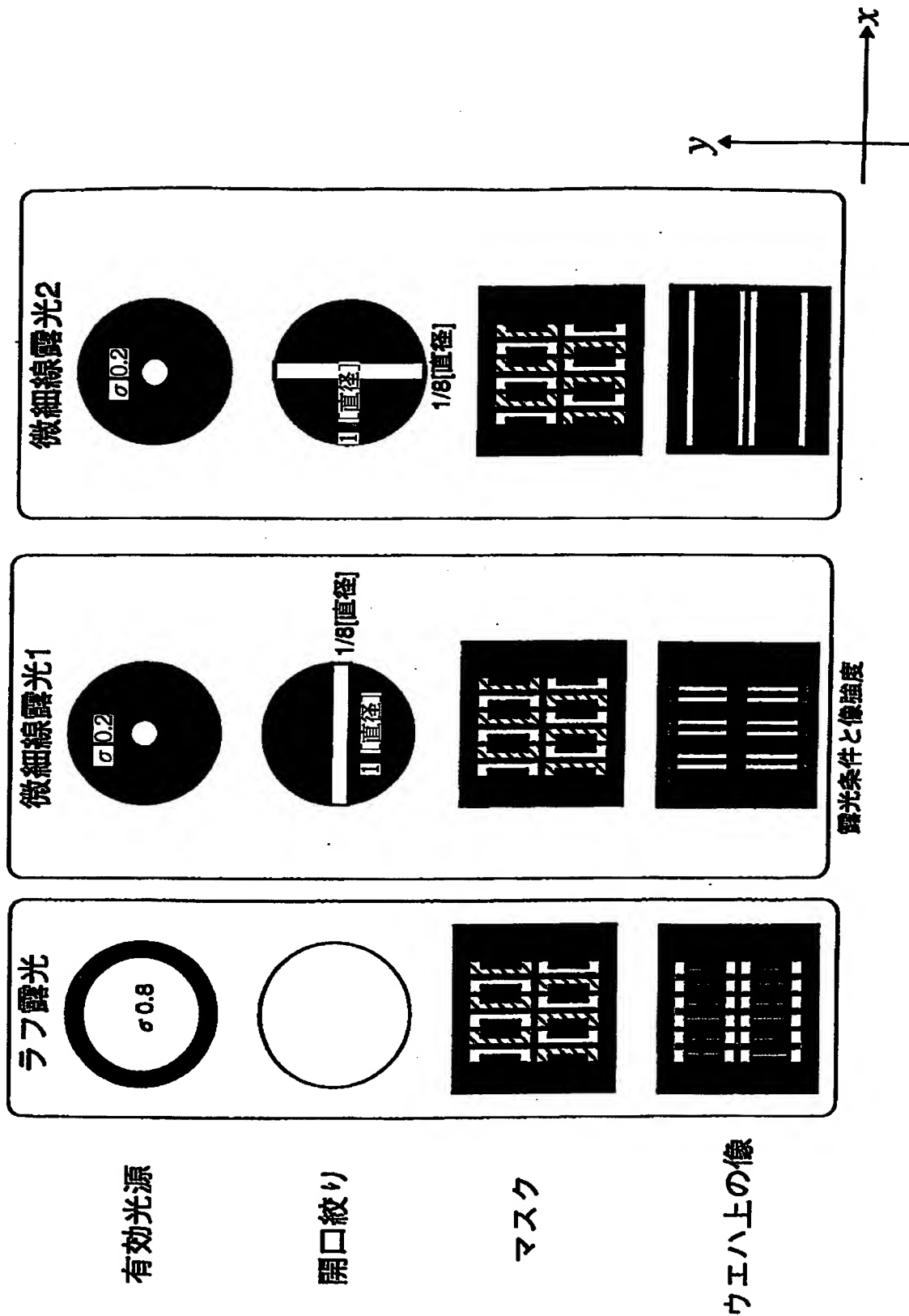
投影光学系の開口絞り制御手段の一例

【図 1 4】

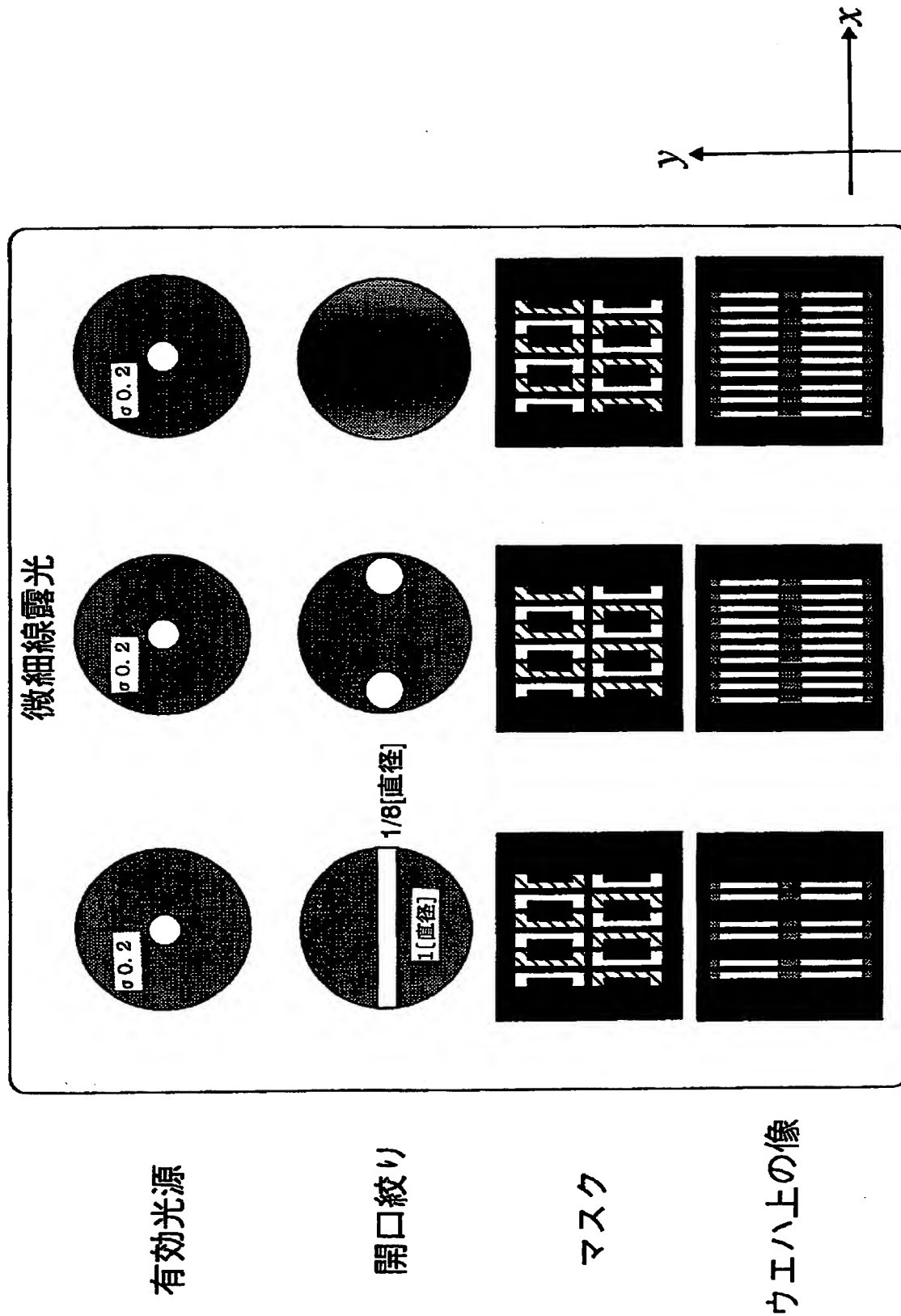


投影光学系の開口絞りの回転手段の一例

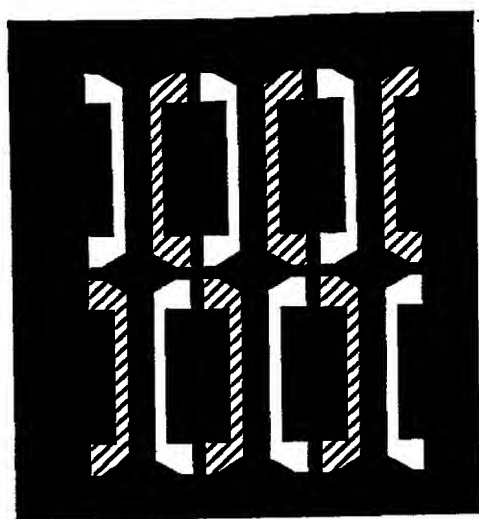
【図 15】



【図 16】

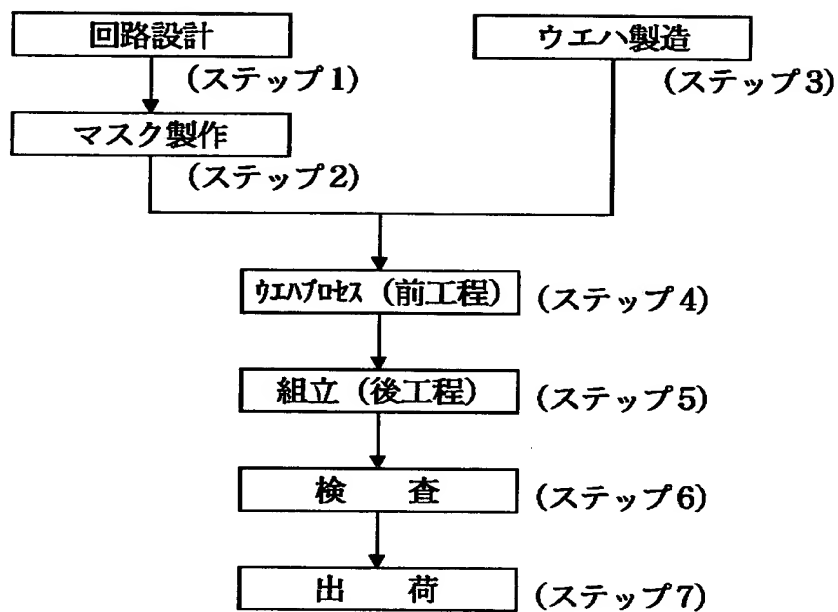


【図 17】

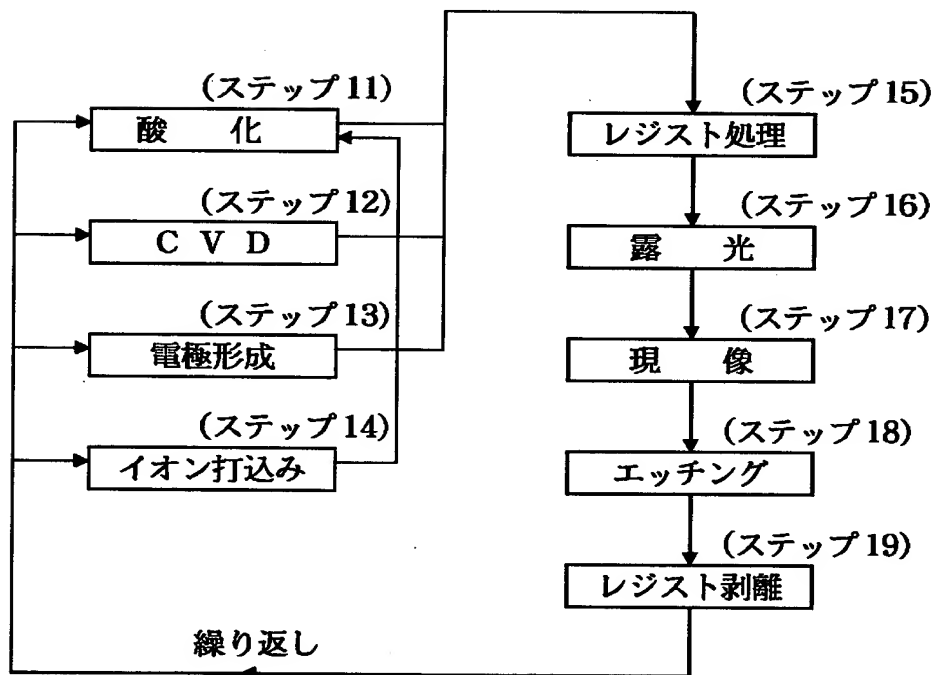


本発明のマスキの他の一例

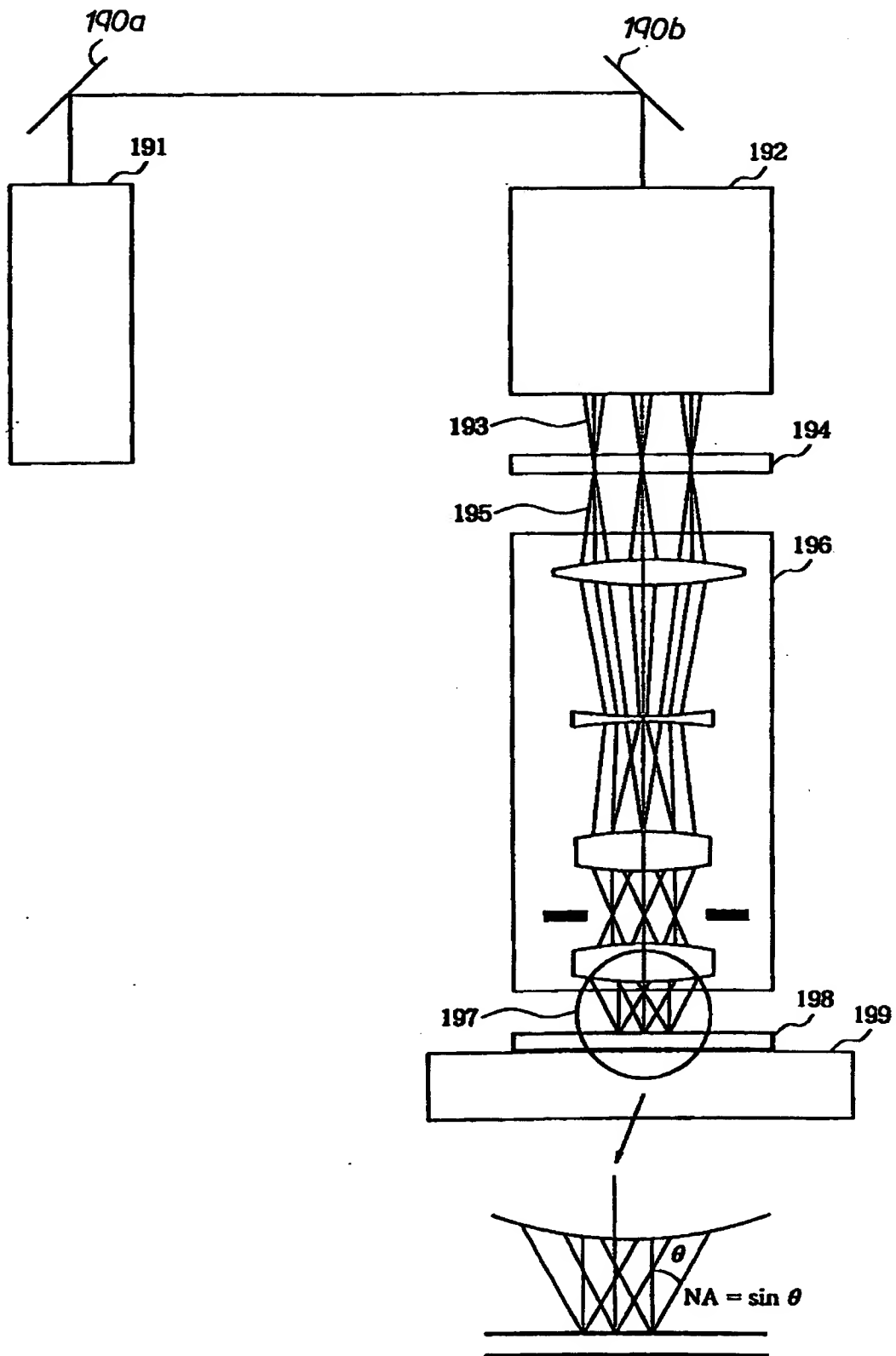
【図 18】



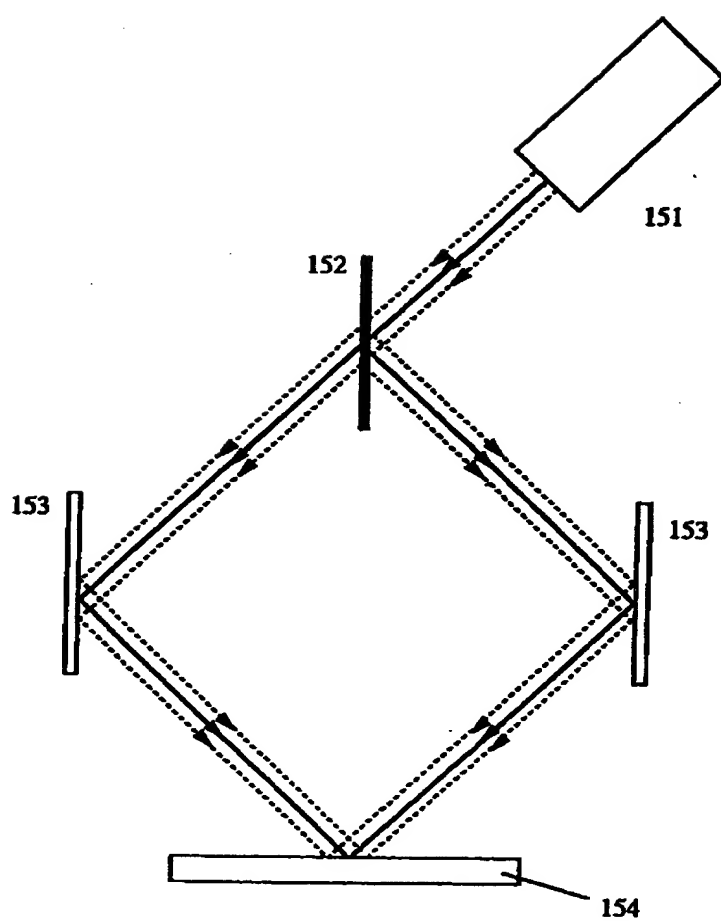
【図 19】



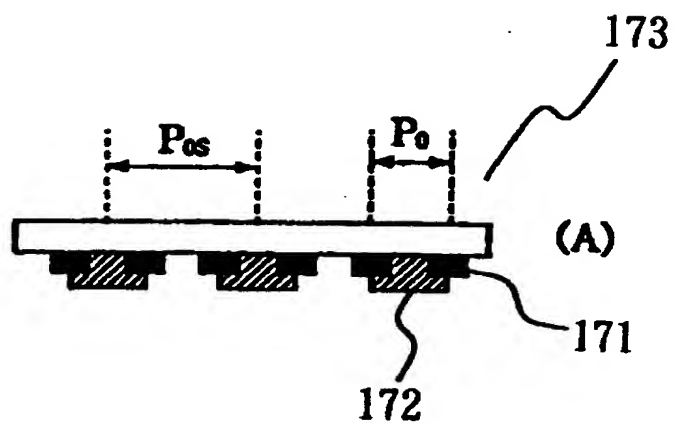
【図 20】



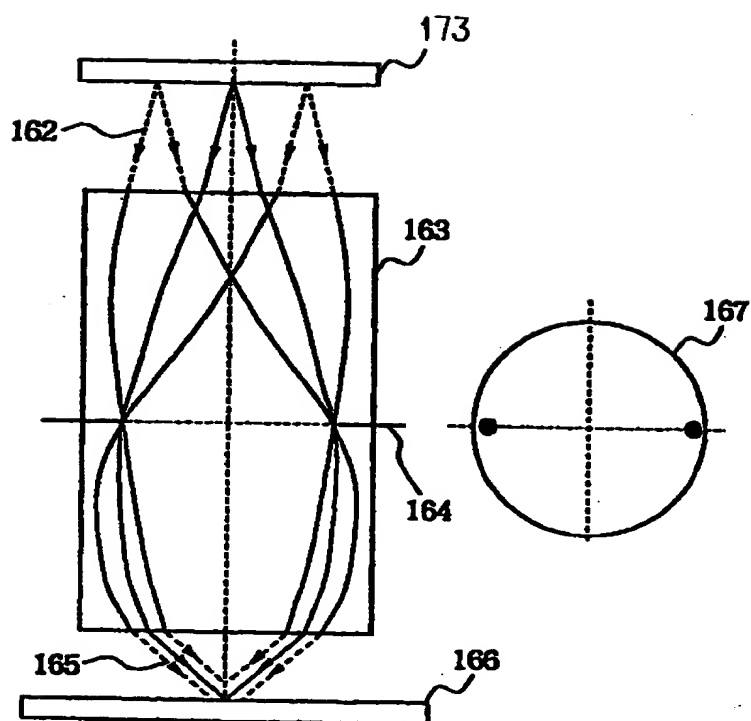
【図 21】



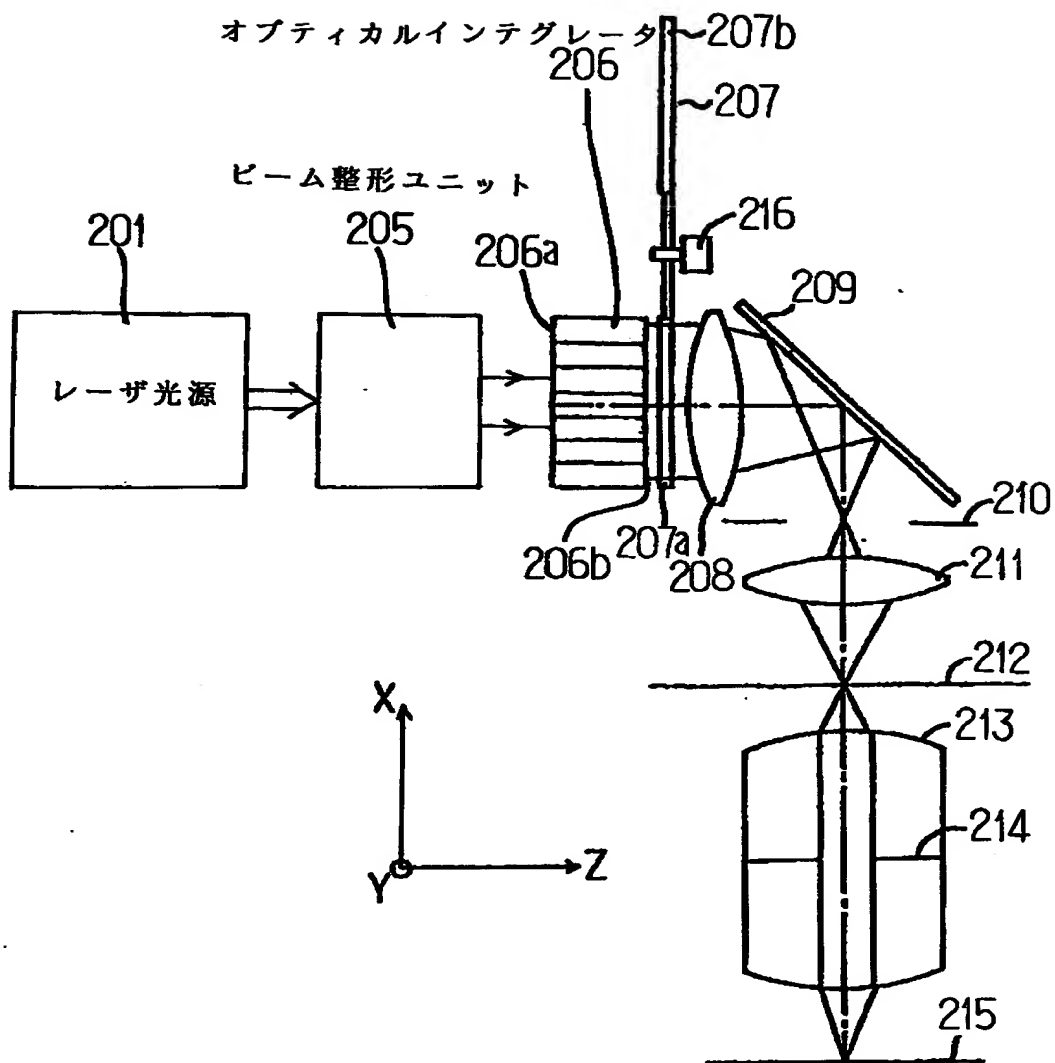
【図 22】



【図 23】



【図 24】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 周期パターンの露光と通常のパターン露光の2重露光によって任意形状の高解像度のパターンが得られる露光方法及び露光装置を得ること。

【解決手段】 光源手段からの露光光で照明光学系によって所定形状の照明領域を照明し、該照明領域に設けたマスクのパターンを投影光学系で感光基板に投影する露光方法において、該マスクは光透過部分で構成される複数の基本パターンを繰り返し配置した繰り返しパターンを有し、該繰り返しパターンの隣接する透過部分は互いに略180度の光学的な位相差を有しており、該マスクのパターンで照明光学系の照明条件及び投影光学系の瞳面上の光透過条件を変えて該感光基板上を多重露光していること。

【選択図】 図1

【書類名】 職権訂正データ
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 000001007
【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代理人】 申請人

【識別番号】 100086818
【住所又は居所】 東京都目黒区自由が丘2丁目9番23号 ラポール
自由が丘301号 高梨特許事務所
【氏名又は名称】 高梨 幸雄

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
氏 名 キヤノン株式会社